

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :

2 834 136

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national :

01 16696

(51) Int Cl<sup>7</sup> : H 01 S 3/067, H 01 S 3/10

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 21.12.01.

(71) Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : HUIGNARD JEAN PIERRE et BRIGNON ARNAUD.

(43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 27.06.03 Bulletin 03/26.

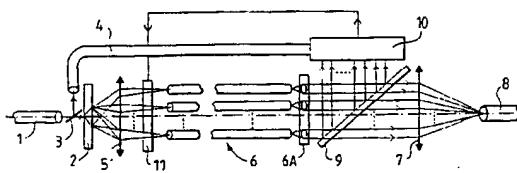
(73) Titulaire(s) :

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : Se reporter à la fin du  
présent fascicule

(74) Mandataire(s) : THALES "INTELLECTUAL PRO-  
PERTY".

(54) DISPOSITIF D'AMPLIFICATION ET DE MISE EN PHASE POUR SOURCES LASER DE PUISSANCE.

(57) Selon l'invention, le dispositif d'amplification de puissance pour sources laser comporte, à la sortie (1) d'une source laser à amplifier, un dispositif à dispersion spatiale (2) suivi de N fibres optiques amplificatrices (6), N étant fonction du gain relatif recherché pour le dispositif amplificateur et du gain des fibres optiques, un dispositif de prélèvement de signal à la sortie de chacune de ces fibres optiques (9) suivi d'un dispositif analyseur de fronts d'onde et de correction de phase (10) relié à un modulateur spatial (11) interposé entre le dispositif dispersif et les entrées des N fibres optiques.



BEST AVAILABLE COPY

FR 2 834 136 - A1



## DISPOSITIF D'AMPLIFICATION ET DE MISE EN PHASE POUR SOURCES LASER DE PUISSANCE

La présente invention se rapporte à un dispositif d'amplification et de mise en phase pour sources laser de puissance.

Les sources laser de puissance à usage général actuellement disponibles, souvent du type à fibre optique monomode fortement dopée à

5 l'Erbiump, délivrent des puissances maximales d'environ 50W. Or, les utilisateurs industriels voudraient disposer, dans certaines applications, de sources laser de puissances nettement plus élevées, par exemple d'au moins 500W, ou même de plus de 1kW, ce que l'on ne sait pas réaliser actuellement, même avec des amplificateurs.

10 La présente invention a pour objet un dispositif d'amplification et de mise en phase pour sources laser de puissance qui puisse délivrer des puissances d'au moins 500W, et même bien davantage, dispositif qui, sans être trop onéreux, soit d'utilisation facile, le moins encombrant possible et ne perturbe pas les qualités du faisceau laser qu'il amplifie.

15 Le dispositif conforme à l'invention comporte, à la sortie d'une source laser à amplifier, un dispositif à dispersion spatiale suivi de N fibres optiques amplificatrices, N étant fonction du gain relatif recherché pour le dispositif amplificateur et du gain des fibres optiques, un dispositif de prélèvement de signal à la sortie de chacune de ces fibres optiques suivi d'  
20 un dispositif analyseur de front d'onde et de correction de phase relié à un modulateur spatial interposé entre le dispositif dispersif et les entrées des N fibres optiques.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

30

- la figure 1 est un bloc-diagramme d'un dispositif amplificateur conforme à l'invention,
- la figure 2 est une vue simplifiée en bout de l'ensemble de fibres optiques amplificatrices, alignées sur une seule ligne, du dispositif de la figure 1,
- la figure 3 est une vue simplifiée en bout de l'ensemble de fibres optiques, disposées en matrice rectangulaire, du dispositif de la figure 1, et

- la figure 4 est une vue partielle et simplifiée d'une variante du dispositif de la figure 1.

On a représenté en figure 1 le bloc-diagramme d'un mode de réalisation du dispositif amplificateur de l'invention. Une fibre optique 1, qui 5 est la fibre de sortie d'un oscillateur laser classique (non représenté) de puissance (de quelques Watts ou quelques dizaines de Watts, par exemple) à fibre optique dopée, éclaire un dispositif de dispersion spatiale 2. Ce dispositif 2, par exemple de type holographique connu en soi, produit N faisceaux (  $N = 10$  à  $100$ , par exemple) à partir du faisceau unique qu'il reçoit 10 de la fibre 1. Un miroir semi-réfléchissant 3 est interposé entre la sortie de la fibre 1 et le dispositif 2. Ce miroir 3 prélève une faible partie du faisceau laser sortant de la fibre 1 et l'envoie vers une fibre optique 4.

Les  $N$  faisceaux sont repris par une matrice de micro-lentilles 5 dont le plan focal objet est confondu avec la face de sortie du dispositif 2, et 15 envoyés sur  $N$  fibres optiques amplificatrices référencées 6 dans leur ensemble. Ces  $N$  faisceaux, ayant avantageusement tous la même puissance, sont soit régulièrement alignés en une seule ligne, soit disposés 20 en lignes et colonnes pour former une matrice rectangulaire. La disposition des faces d'entrée des fibres de l'ensemble 6 correspond, bien entendu, à celle des faisceaux repris par la matrice de micro-lentilles 5. Ces faces d'entrée sont soit alignées sur une seule ligne (voir en figure 2 la disposition L des faces d'entrée  $F_1$  à  $F_N$  des  $N$  fibres de l'ensemble 6, dans le cas où 25 les  $N$  faisceaux sont alignés), soit disposées en configuration matricielle rectangulaire en lignes et colonnes (voir en figure 3 la disposition matricielle M des faces d'entrée  $F_{1,1}$  à  $F_{K,H}$  pour une matrice à  $H$  lignes et  $K$  colonnes, avec  $K,H=N$ ) Ces fibres 6, du type à dopage à l'Erbium ou à l'ytterbium par exemple, amplifient chacune le faisceau qu'elles reçoivent avec un gain de 20 à 30 dB par exemple. A la sortie des fibres 6, on dispose une matrice 6A de microlentilles qui génère un plan de phase. La matrice 6A est suivie d'une 30 lame séparatrice 9 à  $45^\circ$  et d'une lentille sphérique 7 focalisant le faisceau de sortie sur une fibre optique unique de sortie 8. La lame 9 prélève une faible partie des faisceaux correspondants (quelques pourcents). Cette lame 9 est disposée de façon que les faisceaux qu'elle réfléchit soient tous dirigés vers un analyseur de fronts d'ondes 10 (interféromètre à décalage, par 35 exemple). L'analyseur 10 reçoit éventuellement un faisceau de référence lui

parvenant par la fibre optique 4. La sortie de l'analyseur 10 est reliée à un modulateur spatial 11 interposé entre la matrice de miroirs 5 et les entrées de fibres 6. Ce modulateur 11 est, dans le cas présent, un écran à cristaux liquides fonctionnant en transmission. Ses forme et dimensions 5 correspondent à celles de la face d'entrée de l'ensemble de fibres 6, c'est-à-dire qu'il est soit « unidimensionnel » (comme représenté en figure 2), soit rectangulaire (comme représenté en figure 3).

Le dispositif décrit ci-dessus fonctionne de la manière suivante. Le faisceau d'entrée, à relativement basse puissance (quelques dizaines de 10 Watts au maximum), arrivant par la fibre optique 1, est divisé en N faisceaux envoyés chacun sur une fibre correspondante de l'ensemble 6. Chacune des N fibres amplifie le faisceau qu'elle reçoit, et à la sortie de l'ensemble 6 on obtient N faisceaux dont la somme des puissances individuelles peut s'élever à quelques centaines de Watts, ou même à quelques kilowatts, 15 suivant le nombre N de fibres optiques et leur gain. Cependant, en l'absence du dispositif d'asservissement de phase incluant l'analyseur 10, les fronts d'onde de ces N faisceaux sont quelconques les uns par rapport aux autres (en particulier du fait des déphasages différents introduits par le dispositif 2 et des dispersions de caractéristiques des fibres de l'ensemble 6). Pour 20 remettre en phase les différents N faisceaux, l'invention prévoit l'utilisation d'un dispositif d'asservissement de phase. Ce dispositif d'asservissement comporte la lame séparatrice 9 prélevant une faible partie du faisceau de 25 sortie de chacune des fibres 6, qui est envoyée à l'analyseur 10. Cet analyseur peut recevoir, en tant que référence relative de phase, un faisceau provenant de l'oscillateur alimentant la fibre 1. Ce faisceau peut être prélevé 30 par un miroir 3, comme représenté en figure 1, ou bien être prélevé directement dans l'oscillateur. L'analyseur 10 envoie des signaux électriques de correction à chacune des cellules du modulateur spatial 11, afin de retarder plus ou moins les fronts d'onde des différents faisceaux qui lui 35 parviennent de la matrice 5, afin qu'à la sortie de l'ensemble de fibres optiques 6 tous les fronts d'onde des différents faisceaux soient en phase. On obtient ainsi à la sortie de l'ensemble 6, en considérant l'ensemble des faisceaux dans l'espace, une onde plane, et par conséquent, le faisceau sortant de la fibre optique 8 est de forte puissance, et sa brillance est maximale, grâce à la mise en phase des différents faisceaux individuels

sortant des fibres de l'ensemble 6. Les fonctionnements de l'analyseur 10 et du modulateur spatial 11 étant bien connus en soi, ne seront pas décrits plus en détail ici.

On notera que, grâce au fait que le modulateur spatial 11 est 5 disposé en amont des fibres amplificatrices 6, il n'est soumis qu'à une faible puissance, et ne risque pas d'être détérioré par surexposition à un faisceau optique de puissance.

Selon une variante du dispositif de l'invention (non représentée), le dispositif 2 peut être du type à réflexion. De même, le modulateur spatial 10 11 peut être du type à réflexion.

Selon encore une autre variante du dispositif de l'invention, partiellement représentée en figure 4, on remplace le dispositif holographique 2 et la lentille 5 par un télescope 12 et une matrice 13 de microlentilles, le modulateur spatial 11 étant disposé entre le télescope 12 et la matrice 13.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif d'amplification et de mise en phase pour sources laser de puissance, caractérisé en ce qu'il comporte, à la sortie (1) d'une source laser à amplifier : un dispositif à dispersion spatiale (2) suivi de N fibres optiques amplificatrices (6) , N étant fonction du gain relatif recherché  
5 pour le dispositif amplificateur et du gain des fibres optiques, un dispositif de prélèvement de signal à la sortie de chacune de ces fibres optiques (9) suivi d' un dispositif analyseur de fronts d'onde et de correction de phase (10) relié à un modulateur spatial (11) interposé entre le dispositif dispersif et les entrées des N fibres optiques, et un dispositif de recombinaison de faisceaux  
10 optiques individuels amplifiés (7).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte, entre le modulateur spatial et les entrées des N fibres optiques, une matrice de micro-lentilles (5) dont la disposition correspond à celle de ces fibres optiques  
15

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les fibres optiques amplificatrices sont disposées en ligne (L).

4. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les fibres optiques amplificatrices sont disposées en matrice rectangulaire (M).  
20

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de dispersion spatiale est de type holographique (2).

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le dispositif à dispersion spatiale comporte un télescope (12) et une  
25 matrice de microlentilles (13).

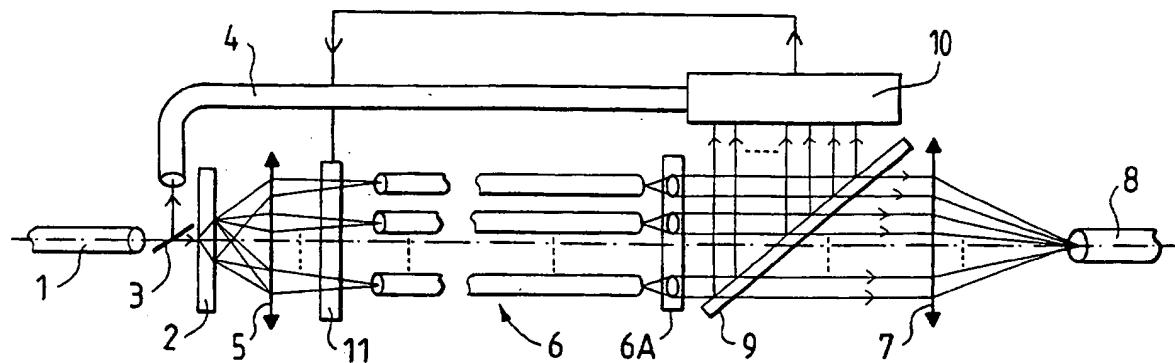


FIG.1

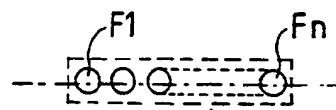


FIG.2

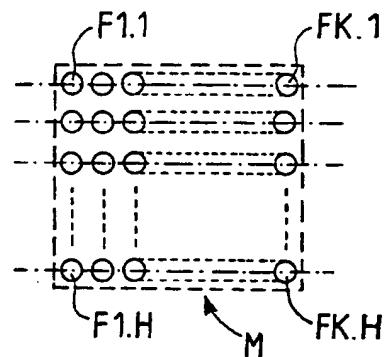


FIG.3

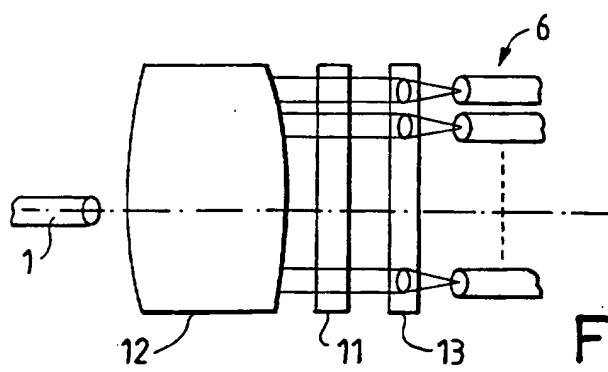


FIG.4



2834136

N° d'enregistrement national

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

 FA 618484  
FR 0116696

<b>DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS</b>		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 0 980 123 A (TRW INC) 16 février 2000 (2000-02-16) * le document en entier * ---	1-4	H01S3/067 G02F1/01
X	US 5 694 408 A (BOTT ERIC H ET AL) 2 décembre 1997 (1997-12-02) * colonne 7 - colonne 9 * ---	1	
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)			
H01S			
1	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
	26 novembre 2002	Hervé, D	
<b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**  
**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0116696 FA 618484**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **26-11-2002**.  
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française.

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0980123	A	16-02-2000	EP JP	0980123 A2 2000056280 A	16-02-2000 25-02-2000
US 5694408	A	02-12-1997	AU EP JP WO	5988696 A 0830720 A1 11506871 T 9641404 A1	30-12-1996 25-03-1998 15-06-1999 19-12-1996

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/62